

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ім. Є.О. ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ  
Відділ аспірантури при ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора  
ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України  
академік НАН України



С.І. Кучук-Яценко  
(ініціали, прізвище)

«06» липня 2020 р.

**МЕТОДИ ОТРИМАННЯ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ**

шифр навчальної дисципліни за ОНП 4/II  
(назва кредитного модуля)

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**кредитного модуля**

рівень вищої освіти доктор філософії  
форма навчання денна  
спеціальність 136 – металургія  
галузь знань 13 – механічна інженерія  
освітня програма Металургія

Затверджено на випускному  
відділі за спеціальністю 136  
«Металургія»

Інституту електрозварювання  
ім. Є.О. Патона НАН України  
Протокол №1 від 3.07.2020 р.  
Завідувач випускового відділу  
чл.-кор. НАН України, проф.

 В.О. Шаповалов

Київ – 2020 р.

Робоча програма кредитного модуля

«Методи отримання металів і сплавів»  
(назва кредитного модуля)

складена відповідно до програми навчальної дисципліни

«Методи отримання металів і сплавів» ОНП 4/П  
(назва навчальної дисципліни та код за ОП)

Розробники робочої програми:

Зав. відділу плазово-шлакової металургії  
Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ  
д.т.н., чл-кор., проф. Шаповалов Віктор Олександрович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

Зав. відділу фізико-металургійні проблеми електрошлакових  
технологій  
Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ  
д.т.н., чл-кор., проф. Медовар Лев Борисович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

Провідний науковий співробітник відділу плазово-шлакової  
металургії Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ  
д.т.н. Шейко Іван Васильович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

Старший науковий співробітник відділу плазово-шлакової металургії  
Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ  
к.т.н. Никитенко Юрій Олександрович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)



(підпис)

## 1. Опис кредитного модуля

Рівень ВО, спеціальність, освітня програма, форма навчання	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Рівень ВО <b><u>Третій (доктор філософії)</u></b>	Назва дисципліни <b><u>Методи отримання металів і сплавів</u></b>	Лекції <b>18 год.</b>
Спеціальність <b><u>136 – Металургія</u></b> (шифр і назва)	Цикл (загальної/професійної підготовки)	Практичні (семінарські) <b>18</b> год.
Освітня програма <b><u>ОНП 4/Ц, Методи отримання металів і сплавів</u></b> (ОПП, ОНП, назва)	Статус кредитного модуля <b><u>Вибірковий</u></b> (обов'язковий, вибірковий)	Лабораторні роботи _____ год.
		Самостійна робота <b>144</b> год., у тому числі на виконання індивідуального завдання <b>0</b> год.
	Семестр <b>5</b>	Індивідуальне завдання _____ (вид)
Форма навчання <b><u>Денна</u></b> (денна, заочна)	Кількість кредитів (годин) <b><u>6/180</u></b>	Вид та форма семестрового контролю <b><u>Залік</u></b> (екзамен / залік; усний / письмовий / тестування тощо)

Ефективність металургійного виробництва визначається високою якістю продукції і її собівартістю. Зміни в сировинній базі впливають на ці два основні показники. Сьогодні основним способом виробництва заліза є доменний процес. Але зменшення запасів високоякісного коксівного вугілля впливає на собівартість металу. У зв'язку з цим активно розвиваються методи безкоксової металургії, процеси залучення відходів інших виробництв до металургійної галузі, фундаментальні методи дослідження якості металів, автоматизація виробництва. У кольоровій металургії проблема зменшення сировинних запасів не менш гостра. Тому одним із напрямків сучасної металургії є комплексне використання сировини.

Особлива увага приділяється чистоті металів і сплавів. Для цього використовуються різні методи рафінування металів і сплавів.

Доктор філософії з металургії як фахівець повинен мати глибокі теоретичні знання і володіти відповідними навичками використання фундаментальних знань для їх застосування при одержанні високоякісних, з підвищеними властивостями металів та сплавів.

Даний курс має велике значення для формування майбутнього доктора філософії з металургії, розширює технологічні можливості фахівця. Кредитний модуль пов'язаний з дисциплінами «Спеціальні металургійні технології» «Методи підвищення ефективності металургійного виробництва»

## **2. Мета та завдання кредитного модуля**

### **2.1. Метою кредитного модуля є формування в аспірантів наступних здатностей:**

- здатність проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових та складних ідей (ЗК 5);
- здатність розроблення та реалізація проектів, включаючи власні дослідження (ЗК 7);
- здатність планувати й організовувати роботу дослідницьких колективів щодо рішення наукових і науково-освітніх завдань (ЗК 10);
- здатність працювати в міжнародному контексті (ЗК 13);
- критичне осмислення наукових фактів, гіпотез, теорій у професійній діяльності в сфері металургії (ЗК 14)
- здатність ініціювати інноваційні комплексні проекти в металургії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації (код ФК 1);
- здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання в металургії і дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з металургії та суміжних галузей (код ФК 2);
- здатність узагальнювати результати сучасних досліджень структури та властивостей матеріалів для вирішення наукових і практичних проблем, на основі фундаментальних і спеціальних знань синтезувати та створювати нові матеріали заданого функціонального призначення (код ФК 5);
- здатність визначати і оцінювати актуальність наукового напрямку та практичне значення досліджень (код ФК 10);
- здатність адаптувати і узагальнювати результати сучасних досліджень у металургійній галузі знань для вирішення наукових і практичних проблем (код ФК 15);
- здатність проводити наукові дослідження новітніх технологій отримання металів і сплавів (код ФК 16);
- здатність проводити наукові дослідження з метою підвищення ефективності металургійного виробництва (код ФК 17).

### **2.2. Основні завдання кредитного модуля.**

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

#### **знання:**

- передових концептуальних та методологічних знань з металургії та на межі предметних галузей, а також дослідницьких навичок для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень (код ЗН 1);
- новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі металургії та суміжних сферах (код ЗН 5);
- закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення (код ЗН 7);
- сучасної вітчизняної та зарубіжної науково-технічної інформації в професійній сфері діяльності (код ЗН 12);
- термодинаміки та кінетики металургійних процесів (код ЗН 15);
- методів моделювання та оптимізації технологічних процесів у металургії (код ЗН 20);
- новітніх методів отримання металів і сплавів (код ЗН 21);
- сучасних методів і засобів підвищення ефективності металургійного виробництва (код ЗН 22).

#### **уміння:**

- використовувати необхідні для обґрунтування висновків докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні емпіричні дані (код УМ 2);

–розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп’ютерні моделі металургійних процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів в металургії (код УМ 3);

–планувати і виконувати експериментальні дослідження з металургії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних обладнання та методик, аналізувати результати експериментів у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми (код УМ 4);

–розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв’язувати значущі наукові та технологічні проблеми металургії з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, екологічних та правових аспектів (код УМ 5);

–застосовувати аналіз та синтез знань під час вирішення проблем у широкому контексті металургійних та міждисциплінарних задач за умов невизначеності чи неповної інформації (код УМ 7);

–планувати теоретичне та експериментальне дослідження, оцінювати, адаптувати та узагальнювати його результати (код УМ 9);

–організовувати спільну роботу з фахівцями з різних галузей в рамках наукових проектів (код УМ 12);

–проводити економічний аналіз витрат і результативності науково-дослідних робіт та проектів (код УМ 15);

–постійно удосконалювати свій загальний інтелектуальний та професійний рівень (код УМ 18);

–генерувати нові ідеї для вирішення науково-дослідних проектів та дослідницько-конструкторських робіт (код УМ 19);

–розробляти нові методики досліджень у галузі металургії (код УМ 26);

–планувати і проводити аналітичні, імітаційні та експериментальні дослідження, критично оцінювати дані і робити висновки (код УМ 27);

–здійснювати математичне моделювання та оптимізацію технологічних процесів у в галузі металургія (код УМ 28);

–проводити наукові дослідження сучасних спеціальних металургійних технологій (код УМ 30);

–обирати, використовувати та вдосконалювати технології виробництва якісних легованих і спеціальних сталей (код УМ 31);

–обирати, використовувати та вдосконалювати методи і засоби підвищення ефективності металургійного виробництва (код УМ 33).

### 3. Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СР аспіранта
1	2	3	4	5	6
<b>Розділ 1 Сировинні матеріали і їх підготовка до металургійної переробки</b>					
Тема 1.1 Розповсюдженість хімічних елементів і природні сполуки металів.	4	2			2
Тема 1.2 Основи процесів збагачення та підготовка сировинних матеріалів до металургійної переробки.	10	2	2		6

<b>Разом за розділом 1</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>2</b>		<b>8</b>
<b>Розділ 2 Металургійні процеси з використанням нагріву</b>					
Тема 2.1 Основи окисного випалу.	10	2	2		6
Тема 2.2 Основи процесу плавки на штейн.	10	2	2		6
Тема 2.3 Феросплавні технології.					
<i>Модульна контрольна робота 1</i>	21				21
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>41</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>33</b>
<b>Розділ 3 Хімічні основи металургійних процесів</b>					
Тема 3.1 Пірометалургійні й гідрометалургійні методи переробки руд.	10	2	2		6
Тема 3.2 Електрометалургійні і галогенові способи отримання металів. Порошкова металургія.	10	2	2		6
<i>Модульна контрольна робота 2</i>	21				21
<b>Разом за розділом 3</b>	<b>41</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>33</b>
<b>Розділ 4 Рафінування металів</b>					
Тема 4.1 Поняття чистоти матеріалів. Фізичні способи рафінування..	10	2	2		6
Тема 4.2 Хімічні способи рафінування.	10	2	2		6
<i>Модульна контрольна робота 3</i>	21				21
<b>Разом за розділом 4</b>	<b>41</b>	<b>4</b>	<b>4</b>		<b>33</b>
<b>Розділ 5 Розчини в металевих системах</b>					
Тема 5.1 Фізико-хімічний аналіз твердих розчинів.	16	2	4		10
Тема 5.2 Сплави.					
<i>Модульна контрольна робота 4</i>	21				21
<b>Разом за розділом 5</b>	<b>37</b>	<b>2</b>	<b>4</b>		<b>31</b>
Підготовка до заліку	6				6
<b>Усього годин</b>	<b>180</b>	<b>18</b>	<b>18</b>		<b>144</b>

#### 4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СР аспірантів з посиланням на літературу)
1	<p>Предмет та задачі курсу. Розповсюдженість хімічних елементів у природі. Проблема збереження світових запасів металів, рециклінг. Мінерали, агломерати. Рудні мінерали та порожня порода. Галогенові, сульфатні, фосфатні, карбонатні, силікатні та алюмосилікатні, самородні руди (2 години).</p> <p>Література, основна: [1- 3] Література допоміжна: [4,6] Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- передумови розвитку безкоксової металургії;</li> <li>- відновлення газоподібними відновниками;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- відновлення оксидів металів твердими відновниками;</li> <li>- металотермія.</li> </ul>
2	<p>Гравітаційні і флотаційні методи. Магнітні методи. Спеціальні методи. Дроблення кускової руди. Подрібнення продуктів дроблення. Класифікація подрібненого матеріалу. Основи приготування шихти. Вимоги до підготовки шихти. Укрупнення дрібних матеріалів: обкатування, брикетування, агломерація, згущення (2 години).</p> <p>Література, основна: [1-3] Література допоміжна: [4,6 ]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- відновлення залізородних розплавів газами;</li> <li>- відновлення залізородних розплавів вуглецем;</li> <li>- відновлення із розплавів інших елементів;</li> <li>- механізм і кінетика відновлення із розплаву;</li> <li>- використання металізованої сировини для виробництва чавуну та сталі;</li> <li>- якість сталі, що виплавлена з первородної шихти.</li> </ul>
3.	<p>Печі окисного випалу. Сутність проведення окисного випалу. Інші види випалу.</p> <p>Література, основна: [1-3] Література допоміжна: [4,6 ]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- позадоменна десульфурація, дефосфорація і десиліконізації чавуну;</li> <li>- основи поєднання процесів десульфурації і дефосфорації чавуну в одному агрегаті;</li> <li>- сумісне проведення операцій видалення з чавуну кремнію, фосфору і сірки.</li> </ul>
4.	<p>Апаратурне оформлення плавки на штейн. Роль флюсів. Основні реакції плавки на штейн. Феросплавні технології. Вуглецеві технології. Металотермічні технології. Отримання багатокомпонентних феросплавів (2 години).</p> <p>Література, основна: [1-3] Література допоміжна: [4,6 ]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- підстави для застосування ковшової металургії;</li> <li>- продування металу, застосування нейтральних і окислювальних газів</li> <li>- застосування вакууму:</li> <li>- методи підігріву металу в ковші;</li> <li>- вимоги до феросплавів;</li> <li>- розкислювачі і методи їх введення.</li> </ul>
5.	<p>Вибір відновлювача (вуглець, водень, кремній ...). Металотермія. Вилуговування. Цементация (2 години).</p> <p>Література основна: [1-3] Література допоміжна: [ 4,6 ]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- скорочення витрат свіжої води і зменшення стічних вод;</li> <li>- підвищення ефективності існуючих і знову створюваних процесів уловлювання побічних компонентів із відведених газів і стічних вод;</li> <li>- впровадження сухих способів очищення газів від пилу для всіх видів металургійних виробництв і вишукування більш досконалих способів очищення газів, що відходять.</li> </ul>
6.	<p>Гідроелектрометалургія та електрометалургія розплавів. Електроліз алюмінію та магнію. Процес Кроля. Ректифікація сполук галогенів і металів. Відновлення титану лужними металами. Отримання металевого порошку та зіставлення з нього шихти. Формування і пресування штабиків. Спікання штабиків і оброблення виробів. Спікання плюс гаряче пресування (2 години).</p>

	<p>Література основна: [1] .</p> <p>Література допоміжна: [ 6 ]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>зниження викидів і скидів шкідливих речовин з газами і стічними водами;</i></li> <li>- <i>переробка в повному обсязі всіх доменних і феросплавних шлаків, а також істотне збільшення масштабів переробки сталеплавильних шлаків і шлаків кольорової металургії. Впровадження на металургійних підприємствах високоефективного очисного обладнання, а також апаратів контролю різних параметрів забрудненості навколишнього середовища;</i></li> <li>- <i>розширення застосування мікроелектроніки, АСУ, АСУ ТП в металургії з метою економії енергії та матеріалів, а також контролю утворення відходів і їх скорочення.</i></li> </ul>
7.	<p>Сирі або чорнові метали. Рафінування та афінаж. Ступені високої та напівпровідникової чистоти. Небажані домішки. Підгрунття фізичних способів рафінування. Електрометалургійні методи рафінування металів. Спосіб очищення із застосуванням фазових перетворень, направлена кристалізація. Методи дистиляції та сублимації (2 години).</p> <p>Література основна: [2-4]</p> <p>Література допоміжна: [1-3,5]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>утворення і трансформація неметалевих включень при розкисленні сталі в процесі випуску плавки;</i></li> <li>- <i>вторинне окиснення металу на технологічній ділянці АКП-МБЛЗ.</i></li> </ul>
8.	<p>Електролітичне рафінування. Рафінування методом термічної дисоціації. Іодідне рафінування. Субгалогенний метод очищення (2 години).</p> <p>Література основна: [1-3]</p> <p>Література допоміжна: [ 4,6 ]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>гідродинамічні процеси в сталерозливному ковші на АКП при продувці металу інертним газом ;</i></li> <li>- <i>поточне рафінування сталі в процесі безперервного розливання. Ковшові шлаки для позапічної обробки сталі.</i></li> </ul>
9.	<p>Фізико-хімічний аналіз твердих розчинів. Види твердих розчинів. Термічний аналіз. Діаграми плавкості двокомпонентних металевих систем. Трикомпонентні системи. Сплави на основі чорних металів. Сплави на основі легких кольорових металів. Сплави на основі важких кольорових металів (2 години).</p> <p>Література основна: [3,4]</p> <p>Література допоміжна: [ 4,6 ]</p> <p>Завдання на СР аспіранту :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>виробництво габаритних зливків;</i></li> <li>- <i>біметалеві заготовки;</i></li> <li>- <i>переплав за двоконтурною схемою;</i></li> <li>- <i>процеси ЕШП РМ і ЕШП ДС.</i></li> </ul>



## 5. Практичні заняття<sup>1</sup>

Основним завданням циклу практичних занять є закріплення знань, що були одержані на лекційних заняттях.

№ з/п	Назва теми заняття
1.	<p><i>Практичне заняття № 1. Реакції металів з неметалами з урахуванням виходу продукту реакції в межах 70- 95 %.(2 години).</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- оцінити зміну енергії Гіббса для реакцій: <math>FeO + CO = Fe + CO_2</math>; <math>FeO + H_2 = Fe + H_2O</math> в діапазоні температур 300- 1600 °С;</li><li>- розрахувати вихід реакцій <math>FeO + CO = Fe + CO_2</math>; <math>FeO + H_2 = Fe + H_2O</math> в діапазоні температур 300- 1600 °С;</li><li>- розрахувати вихід губчастого заліза з руди при вмісті вуглецю до 2% .</li></ul>
2.	<p><i>Практичне заняття № 2. Розрахунки реакцій металів з водою, кислотами, лугами. (2 години).</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- оцінити енергію Гіббса реакції металів з водою, кислотами, лугами в залежності від місцезнаходження металів у ряду активності.</li></ul>
3.	<p><i>Практичне заняття № 3. Рівняння хімічних реакцій перетворення, наприклад <math>TiCl_4</math>-Ti- сульфат титану.(2 години).</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- реакції взаємодії окисів із галогенами, відновлення галогенідів металами, воднем тощо.</li></ul>
4.	<p><i>Практичне заняття № 4. Розрахунки (оцінка можливості) взаємодії різних металів із солями, лугами, кислотами .(2 години).</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- реакції заміщення, утворення амфотерних оксидів і їх взаємодія з лугами, утворення солей.</li></ul>
5.	<p><i>Практичне заняття № 5. Ідентифікація складу виробів з порошкових матеріалів. (2 години).</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- розрахунки ефективності отримання порошків за різними методами;</li><li>- оцінка фракційного складу порошків та їх формоутворення.</li></ul>
6.	<p><i>Практичне заняття № 6. Окислювальне обпалювання. Рішення задач. Вихід продукту. ( 2 години).</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- вибір раціональної схеми перероблення обпалювання для карбонатів, силікатів, фосфатів тощо. Розрахунки повноти протікання реакцій.</li></ul>
7.	<p><i>Практичне заняття № 7. Обчислення процесів електролітичного рафінування. (2 години).</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- отримання електролітичного алюмінію;</li><li>- особливості отримання магнію та лужних металів, склад електролітів.</li></ul>
8.	<p><i>Практичне заняття № 8. Розв'язання задач на визначення температур перетворення, складу тощо для двокомпонентних систем. Робота з діаграмами.(2 години).</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- аналіз діаграм із повною розчинністю компонентів у рідкому стані і твердих розчинів;</li></ul>

<sup>1</sup> За наявності ПЗ

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>аналіз діаграм із частковою розчинністю компонентів у твердому стані;</i></li> <li>- <i>псевдосплави.</i></li> </ul>
9.	<p><i>Практичне заняття № 9.Визначення рівноваги з використанням просторових діаграм трикомпонентних систем сплавів.(2 години).</i></p> <p><i>Завдання на СР аспіранту:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>трикомпонентні системи сплавів з повною та частковою розчинністю компонентів у твердому стані.</i></li> </ul>

## **6. Семінарські заняття<sup>2</sup>**

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

## **7. Лабораторні заняття<sup>3</sup>**

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.

## **8. Самостійна робота<sup>4</sup>**

Робочою навчальною програмою кредитного модулю «Методи отримання металів і сплавів» відведено 144 годин на самостійну роботу аспіранта, яка міститься в роботі над конспектом лекцій, монографіями, підручниками, науковими періодичними виданнями, базами наукової електронної інформації при підготовці до лекцій, 9 практичних занять, 4 контрольні роботи на базі 1 модульної контрольної роботи та при підготовці до заліку. Розрахунок годин самостійної роботи проводиться за формулою:

$$T_{\text{СР Асп.}} = 1t_{\text{Л}} + 2t_{\text{ПЗ}} + 4\text{МКР} + \text{залік},$$

де: *Л* – лекції; *ПЗ* – практичні заняття; *МКР* – модульні контрольні роботи; Залік.

$$T_{\text{СР Асп.}} = 1 \times 18 + 2 \times 18 + 4 \times 21 + 6 = 144$$

## **9. Індивідуальні завдання<sup>5</sup>**

Самостійна робота аспіранта включає підготовку до лекцій, практичних занять, 4 контрольні роботи на базі 1 модульної контрольної роботи та заліку. Розподілення часу на самостійну роботу наведено в додатку 1.

У самостійній роботі з дисципліни не передбачено виконання розрахункової роботи.

## **10. Контрольні роботи<sup>6</sup>**

Пропонується проведення 4 контрольні роботи на базі 1 модульної контрольної роботи після вивчення окремих розділів 1- 6 дисципліни. Форма і методи контролю визначаються викладачем у залежності від конкретного часу аудиторних занять та кількості аспірантів.

<sup>2</sup> За наявності СЗ

<sup>3</sup> За наявності ЛР, КП

<sup>4</sup> За умови виділення певної частки навчального матеріалу на самостійне вивчення.

<sup>5</sup> За наявності

<sup>6</sup> За наявності

Метою граничних контрольних робіт є визначення ступеня засвоєння аспірантом представленого в курсі матеріалу. При цьому визначаються основні знання, вміння та навички, придбані при вивченні аспірантами дисципліни.

**1-а контрольна робота, запитання:**

- Предмет та задачі курсу.
- Розповсюдженість хімічних елементів у природі.
- Проблема збереження світових запасів металів, рециклінг.
- Мінерали, агломерати.
- Рудні мінерали та порожня порода.
- Галогенові, сульфатні, фосфатні, карбонатні, силікатні та алюмосилікатні, самородні руди.
- Передумови розвитку безкоксової металургії;
- Відновлення газоподібними відновниками;
- Відновлення оксидів металів твердими відновниками;
- Металотермія.
- Гравітаційні і флотаційні методи.
- Магнітні методи.
- Спеціальні методи.
- Дроблення кускової руди.
- Подрібнення продуктів дроблення.
- Класифікація подрібненого матеріалу.
- Основи приготування шихти.
- Вимоги до підготовки шихти.
- Укрупнення дрібних матеріалів: обкатування, брикетування, агломерація, згущення.
- Відновлення залізорудних розплавів газами;
- Відновлення залізорудних розплавів вуглецем;
- Відновлення із розплавів інших елементів;
- Механізм і кінетика відновлення із розплаву;
- Використання металізованої сировини для виробництва чавуну та сталі;
- Якість сталі, що виплавлена з первородної шихти.
- Печі окисного випалу.
- Сутність проведення окисного випалу. Інші види випалу.
- Позадоменна десульфуріація, дефосфорація і десиліконізація чавуну;
- Основи поєднання процесів десульфуріації і дефосфорації чавуну в одному агрегаті;
- Сумісне проведення операцій видалення з чавуну кремнію, фосфору і сірки.
- Апаратне оформлення плавки на штейн.
- Роль флюсів. Основні реакції плавки на штейн.
- Феросплавні технології. Вуглецеві технології.
- Металотермічні технології.
- Отримання багатокomпонентних феросплавів.
- Підстави для застосування ковшової металургії;
- Продування металу, застосування нейтральних і окислювальних газів
- Застосування вакууму:
- Методи підігріву металу в ковші;
- Вимоги до феросплавів; розкислювачі і методи їх введення.

**2-а контрольна робота, запитання:**

- Вибір відновлювача (вуглець, водень, кремній).
- Металотермія. Вилуговування. Цементіація
- Скорочення витрат свіжої води і зменшення стічних вод;
- Підвищення ефективності існуючих і знову створюваних процесів уловлювання побічних компонентів із відведених газів і стічних вод;

- Впровадження сухих способів очищення газів від пилу для всіх видів металургійних виробництв і вишукування більш досконалих способів очищення газів, що відходять.
- Гідроелектрометалургія та електрометалургія розплавів.
- Електроліз алюмінію та магнію.
- Процес Кроля.
- Ректифікація сполук галогенів і металів.
- Відновлення титану лужними металами.
- Отримання металевого порошку та зіставлення з нього шихти.
- Формування і пресування штабиків.
- Спікання штабиків і оброблення виробів.
- Спікання плюс гаряче пресування зниження викидів і скидів шкідливих речовин з газами і стічними водами;
- Переробка в повному обсязі всіх доменних і феросплавних шлаків, а також істотне збільшення масштабів переробки сталеплавильних шлаків і шлаків кольорової металургії.
- Впровадження на металургійних підприємствах вискоєфективного очисного обладнання, а також апаратів контролю різних параметрів забрудненості навколишнього середовища;
- Розширення застосування мікроелектроніки, АСУ, АСУ ТП в металургії з метою економії енергії та матеріалів, а також контролю утворення відходів і їх скорочення.

#### **3-а контрольна робота, запитання**

- Сирі або чорнові метали.
- Рафінування та афінаж.
- Ступені високої та напівпровідникової чистоти.
- Небажані домішки.
- Підґрунття фізичних способів рафінування.
- Електрометалургійні методи рафінування металів.
- Спосіб очищення із застосуванням фазових перетворень, направлена кристалізація.
- Методи дистиляції та сублімації
- Утворення і трансформація неметалевих включень при розкисленні сталі в процесі випуску плавки;
- Вторинне окиснення металу на технологічній ділянці АКП-МБЛЗ.
- Електролітичне рафінування. Рафінування методом термічної дисоціації.
- Іодідне рафінування.
- Субгалогенний метод очищення
- Гідродинамічні процеси в сталерозливному ковші на АКП при продувці металу інертним газом;
- Поточне рафінування сталі в процесі безперервного розливання.
- Ковшові шлаки для позапічної обробки сталі.

#### **4-а контрольна робота, запитання**

- Фізико-хімічний аналіз твердих розчинів.
- Види твердих розчинів.
- Термічний аналіз.
- Діаграми плавкості двокомпонентних металевих систем.
- Трикомпонентні системи.
- Сплави на основі чорних металів.
- Сплави на основі легких кольорових металів.
- Сплави на основі важких кольорових металів
- Виробництво габаритних зливків;
- Біметалеві заготовки;
- Переплав за двоконтурною схемою;

- *Процеси ЕШП РМ і ЕШП ДС.*

### **11. Рейтингова система оцінювання результатів навчання<sup>7</sup>**

Рейтингова система оцінювання результатів навчання наведена в додатку 1.

### **12. Методичні рекомендації**

Робоча навчальна програма складена з урахуванням направлення підготовки фахівця. Для послідовного та повного вивчення та засвоєння матеріалу вона розбивається на 6 основних розділів. Особливу увагу слід приділяти не тільки засвоєнню конкретних теоретичних положень, а й практичному їх використанню. При складанні заліку аспіранти на основі одержаних ними знань повинні охарактеризувати методи підвищення ефективності металургійного виробництва.

### **13. Рекомендована література**

#### **13.1. Базова**

1. Гуров А.А. Химия: теория и практика. Металлы и сплавы: учебник для вузов /А.А.Гуров, П.В. Слитников, Ж.Н.Медных; под ред.А.А.Гурова.- М.: Из-во МГТУ им. Н.Э.Баумана.- 2018.- 357с.
2. Колокольцев В.М. Основы металлургического производства: учебник / В.М. Колокольцев. М.: «Лань». – 2020. – 616 с.
3. Металургія сталі. Конвертерне виробництво: Теорія, технологія, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія. Підручник / О.Г.Величко, Б.М.Бойченко, П.С.Харлашин та інш. Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-вал». – 2015. – 434 с.
4. Волкотруб М.П. Процеси спеціальної електрометалургії: підручник / М.П. Волкотруб, Д.Ф. Чернега, В.Г. Могилатенко, В.О. Шаповалов; За ред. Б.С.Патона. – К.: «Хімджест». – 2014. – 284 с.

#### **13.2 Література допоміжна:**

1. Патон Б.Е., Медовар Б.И. Электрошлаковый металл. – К.: Наукова думка. 1981. – 680с.
  2. Патон Б.Е., Тригуб Н.П., Ахонин С.В., Жук Г. В. Электронно-лучевая плавка титана. – К.: Наукова думка. 2006. – 248с.
  3. Патон Б.Е., Григоренко Г.М., Шейко И.В., Шаповалов В.А., Найдек В.Л., Костяков В.Н. Плазменные технологии и оборудование в металлургии и литейной производстве. – К.: Наукова думка. -2013. – 488с.
  4. Воскобойников В.Г. Общая металлургия: учебник для вузов. — 6-изд., перераб и доп./ В.Г.Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. — М.: Академкнига. -2005. — 768 с.
  5. Дюдкин Д.А. Производство стали. Том 1. Процессы выплавки, внепечной обработки и непрерывной разливки/ Д.А. Дюдкин, В.В.Кисиленко. - М.: Теплотехник, - 2008. — 528 с.
  6. Еднерал Ф.И. Электрометаллургия стали и ферросплавов/ Ф.И. Еднерал. - М.: Металлургия. - 1977. - 488 с.
-

### Рейтингова система оцінки успішності аспірантів

з кредитного модуля (дисципліни): «Методи отримання металів і сплавів», ОНП 4/II для спеціальності: 136 - Металургія  
відділ: Плазмово-шлакова металургія

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	кредити	академічних годин	Лекції	Практика	Лаб. заняття	СР аспіранта	МКР	РР	Семестрова атестація
4	6	180	18	18	-	144	1	-	Залік

Рейтинг аспіранта з дисципліни<sup>8</sup> складається з балів, що він отримує на:

1. Письмове питання, що кожен аспірант отримує в кінці кожного практичного заняття (час відповіді 15 хвилин).
2. Чотирьох контрольних робіт на базі 1 модульної контрольної роботи.
3. Відповідь при проведенню заліку.

#### Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Робота на практичних заняттях.

**Ваговий бал – 2.** Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює  $2 \cdot 9 = 18$  балів (*1-2 бали* - відповідь на питання, *0 балів* - відсутність відповіді)

2. Модульний контроль.

**Ваговий бал 6.** Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює  $6 \cdot 4 = 24$ .

Контрольна робота складається з *3 питань*, що максимально оцінюються по *2 бали* кожне.

«відмінно» - 6 балів;

«добре» - 5-4 балів;

«задовільно» -3 балів;

«незадовільно» - 2 та менше балів.

- Ї Штрафні бали.

Ї Відсутність на лекції, практичному занятті без поважної причини **-1 бал**;

#### Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 18 + 24 = 42 \text{ балів}$$

При проведенні заліку аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних і одне практичне питання. Перелік питань наведено в робочій навчальній програмі. Кожне теоретичне питання оцінюється в 14 балів а практичне в 30 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 14...12 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 11...9 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 8 -7 балів;
- «незадовільно» - загалом неправильна відповідь, або її відсутність – 0 балів.

Система оцінювання практичного заняття:

- «відмінно» - повне безпомилкове розв'язування завдання – 30...25 балів;
- «добре» - повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями 24...20 балів;
- «задовільно» - завдання виконано з певними недоліками – 19...10 балів;
- «незадовільно» - завдання не виконано – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за іспитову контрольну роботу переводиться до іспитової оцінки згідно з таблицею:

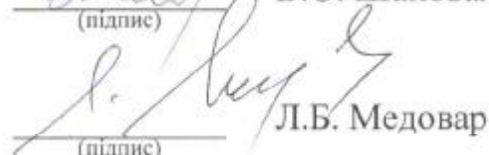
Бали $R_D = R_C + R_E$	Залікова оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не зараховано розрахункову роботу або $R_C < 20$	Не допущено

### Програму розробили:

Зав. відділом  
д.т.н. чл-кор., проф.

  
(підпис) В.О. Шаповалов


Зав. відділом  
д.т.н., проф.

  
(підпис) Л.Б. Медовар

п.н.с. д.т.н.

  
(підпис) І.В. Шейко

с.н.с. к.т.н.

  
(підпис) Ю.О. Никитенко